


CANTILEVER FOR INTERATOMIC FORCE MICROSCOPE AND ITS MANUFACTURE

Publication number: JP8297129 (A)

Also published as:

Publication date: 1996-11-12

 US5717132 (A)

Inventor(s): WATANABE SHUNJI [JP]; FUJIO HISAMITSU [JP]

Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK [JP]

Classification:

- **international:** *G01B21/30; G01B5/28; G01N13/16; G01N23/00; G01N37/00; H01J37/28; G01B21/30; G01B5/28; G01N13/10; G01N23/00; G01N37/00; H01J37/28;* (IPC1-7): G01N37/00; G01B21/30; H01J37/28

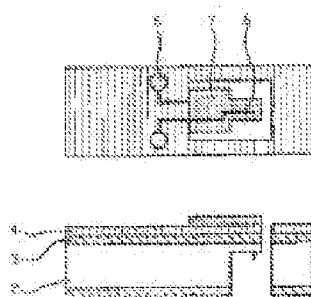
- **European:** G01Q60/38; G01B7/34A1A; G01Q20/04; G01Q70/02; Y01N8/00

Application number: JP19950102719 19950426

Priority number(s): JP19950102719 19950426

Abstract of JP 8297129 (A)

PURPOSE: To provide a cantilever having high resolution without impairing the self-strain detecting function by forming a self-strain quantity detecting means with a piezoelectric thin film and electrodes formed on it. **CONSTITUTION:** This cantilever is provided with at least a flexible plate and a self-strain quantity detecting means formed on one face of the flexible plate. The flexible plate is formed with a silicon nitride film 3 on a silicone monocrystal 2. The self-strain quantity detecting means is constituted of a piezoelectric thin film 7, an upper electrode 8 formed on the piezoelectric thin film 7, and a lower electrode formed between the piezoelectric thin film 7 and the flexible plate. The upper electrode 8, the lower electrode, and lead extraction portions 6 are formed by the deposition of platinum. When the thickness of the piezoelectric thin film 7 and the thickness of the cantilever except for the piezoelectric thin film 7 and electrode portions are set to proper values, the strain in the thickness direction can be mitigated, and the bend owing to the residual strain is reduced.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-297129

(43)公開日 平成8年(1996)11月12日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	G
G 0 1 B 21/30			G 0 1 B 21/30	Z
H 0 1 J 37/28			H 0 1 J 37/28	Z

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 7 頁)

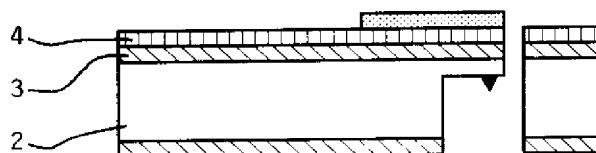
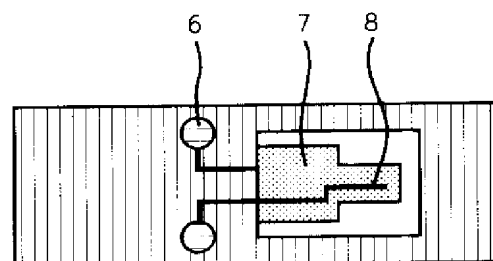
(21)出願番号	特願平7-102719	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22)出願日	平成7年(1995)4月26日	(72)発明者	渡辺 俊二 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(72)発明者	藤生 尚光 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 原子間力顕微鏡用カンチレバー及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 自己の歪検出機能を損なうことなく、高い分解能を有するカンチレバーを提供することである。

【構成】 少なくとも、可撓性プレートと、該可撓性プレート的一方の面に形成された自己の歪量を検出する手段と、前記可撓性プレートの他方の面の一端に形成された前記可撓性プレートを支持する支持基体と、前記可撓性プレートの他端付近に形成された探針とからなることを特徴とする原子間力顕微鏡用カンチレバー。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、可撓性プレートと、該可撓性プレート的一方の面に形成された自己の歪量を検出する手段と、前記可撓性プレートの他方の面の一端に形成された前記可撓性プレートを支持する支持基体と、前記可撓性プレートの他端付近に形成された探針とからなることを特徴とする原子間力顕微鏡用カンチレバー。

【請求項2】 前記可撓性プレートはシリコンプレート上に窒素珪素膜を形成してなり、前記シリコンプレートは前記支持基体と一体であることを特徴とする請求項1記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー。

【請求項3】 前記カンチレバー長さが前記支持基体の厚さより長いことを特徴とする請求項1又は2記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー。

【請求項4】 前記自己の歪量を検出する手段が、圧電薄膜と、該圧電薄膜上に形成された上部電極と、前記圧電薄膜と前記可撓性プレートとの間に形成された下部電極とからなることを特徴とする請求項1～3記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー。

【請求項5】 前記圧電薄膜の厚さが $0.5\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下であり、かつ前記圧電薄膜及び前記電極部分を除いたカンチレバーの厚さが $5\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項4記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー。

【請求項6】 前記探針を被測定物に接触させて前記被測定物の形状を測定することを特徴とする請求項1～5記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー。

【請求項7】 請求項1～6項記載のカンチレバーを具備した原子間力顕微鏡。

【請求項8】 少なくとも、可撓性プレートと、該可撓性プレート的一方の面に形成された自己の歪量を検出する手段と、前記可撓性プレートの他方の面の一端に形成された前記可撓性プレートを支持する基体と、前記可撓性プレートの他端付近に形成された探針とからなる原子間力顕微鏡用カンチレバーの製造方法において、シリコン基板の一方の面に前記探針形状部位を有する窒化珪素膜を形成する工程と、前記シリコン基板の他方の面をエッチングし、前記支持基体及び前記可撓性プレートの一部を形成する工程と、前記窒化珪素膜上に前記自己の歪量を検出する手段を形成する工程とからなる原子間力顕微鏡用カンチレバーの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、原子間力顕微鏡用カンチレバーに関する。

【0002】

【従来の技術】表面形状測定装置のひとつである原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope：AFM）は、物質間に働く力により表面の観察像を形成するものであり、電気伝導性のない材料表面や有機分子をナノメ

ートルスケールで観察できることから、広範な応用が期待されている

図8に、従来のAFMの原理の概念図を示す。AFMは、先端曲率半径の小さな針状チップと可撓性プレートとからなるカンチレバーと、可撓性プレートのたわみ（曲がり）を測定する変位検出系から構成される。

【0003】カンチレバーの先端の針状チップをサンプルに近づける（ 10nm 程度）と、サンプル原子と針状チップとの間には静電気、磁気及びファンデルワールス力などが働いて可撓性プレートがたわむ。このたわみの変位量を変位検出系により検出することによって測定が行われる。そして、サンプルを走査することによりサンプル表面の力の2次元的情報が得られる。また、可撓性プレートのたわみを一定にするように試料の位置を制御しながらサンプルを走査することにより表面の微視的の形状を知ることができる。例えば、特開平3-218998には、シリコン基板およびこれと一体化した尖鋭なシリコンチップとからなるカンチレバー、あるいは窒化珪素基板と尖鋭なシリコンチップとからなるカンチレバーが記載されている。

【0004】また、特開平1-262403には、前記のカンチレバーの他、シリコンからなるプレートが回転する構造のカンチレバーが記載されている。これらのカンチレバーのサンプル原子から受ける力によって生ずる変位を検出する変位検出系には、簡便で精度の高い光でこの方式が広く用いられている。この方法では、カンチレバーと変位検出系との相対変位によって針状チップの動きを測定するため、カンチレバーに対して変位検出系が固定されないと変位の読み取り誤差が大きくなる。そのため、従来、カンチレバー、変位検出系を固定し、試料を走査していた。

【0005】しかしながら、この方式では、試料が大きくなると機械的特性が劣化するため試料を薄く小さく加工する必要があった。それゆえ、大型試料を観察するときにはカンチレバーを走査したいが、従来のAFMでは、前記のようにカンチレバーと重い変位検出系を一体化して走査する必要があり、特性を劣化させてしまうことから逃れられなかった。

【0006】そこで、変位検出系とカンチレバーを一体化する試みがなされている。その有効な方法の一つに、変位検出系として圧電、電歪効果を利用した鉛系強誘電薄膜型変位センサーを用い、この薄膜型変位センサーをカンチレバー上に設けて一体化したカンチレバーが提案されている（特開平4-180786）。さらにピエゾ抵抗による変位センサー機能を備えたシリコンでできたカンチレバーも作製されている（Appl. Phys. Lett. 62 (8), 834, 1993）。

【0007】図9に代表的な探針付きカンチレバーの作製方法を示す。まず、シリコン（100）単結晶基板（2）をCVD法により窒化珪素膜（1）で被覆する

(9-1)。次に、フォトリソグラフィーにより探針を作製する部位に当たる部分の窒化珪素膜を取り除く(9-2)。ここで、水酸化カリウムを用いた異方性エッチングにより窒化珪素膜で保護されていない部分にエッチピットを形成する(9-3)。さらにシリコン基板の上面に窒化珪素膜を堆積し、エッチピットの内部に窒化珪素の針を形成する(9-4)。シリコン基板の下面の窒化珪素をドライエッチングにより取り除く(9-5)。最後に、基板を500℃に加熱し、600Vの電圧を加えながら、カンチレバーの支持基体となるガラスブロックを接合(陽極接合)し、水酸化カリウムによるエッチングでカンチレバー部位の下にあるシリコン部分を全て取り除いてプロセスを終了する(9-6)。

【0008】現状の原子間力顕微鏡では、高い分解能を得るためには窒化珪素で構成される探針をカンチレバー上に形成することが必須となっている。更に、探針の被測定物表面への接近を容易にするため、カンチレバーの支持基体は、一方の面の一端に形成され、作り込みの探針は他方の面他端付近に形成されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術のカンチレバー及びその製造方法では、圧電あるいはピエゾ抵抗を用いた自己の歪を検出する手段を有するカンチレバーには適用する事はできない。即ち、圧電薄膜上に設けたリード線及び信号取り出し部分に支持基体を接合することは困難であり、高温で接合を行うため、圧電あるいはピエゾ抵抗の機能を損なう可能性が高いからである。

【0010】本発明の目的は、自己の歪検出機能を損なうことなく、高い分解能を有するカンチレバーを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は第一に「少なくとも、可撓性プレートと、該可撓性プレート的一方の面に形成された自己の歪量を検出する手段と、前記可撓性プレートの他方の面の一端に形成された前記可撓性プレートを支持する支持基体と、前記可撓性プレートの他端付近に形成された探針とからなることを特徴とする原子間力顕微鏡用カンチレバー(請求項1)」を提供する。

【0012】また、本発明は第二に「前記可撓性プレートはシリコンプレート上に窒素珪素膜を形成してなり、前記シリコンプレートは前記支持基体と一体であることを特徴とする請求項1記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー(請求項2)」を提供する。また、本発明は第三に「前記カンチレバー長さが前記支持基体の厚さより長いことを特徴とする請求項1又は2記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー(請求項3)」を提供する。

【0013】また、本発明は第四に「前記自己の歪量を検出する手段が、圧電薄膜と、該圧電薄膜上に形成された上部電極と、前記圧電薄膜と前記可撓性プレートの間

に形成された下部電極とからなることを特徴とする請求項1〜3記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー(請求項4)」を提供する。また、本発明は第五に「前記圧電薄膜の厚さが0.5 μ m以上2 μ m以下であり、かつ前記圧電薄膜及び前記電極部分を除いたカンチレバーの厚さが5 μ m以上30 μ m以下であることを特徴とする請求項4記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー(請求項5)」を提供する。

【0014】また、本発明は第六に「前記探針を被測定物に接触させて前記被測定物の形状を測定することとを特徴とする請求項1〜5記載の原子間力顕微鏡用カンチレバー(請求項6)」を提供する。また、本発明は第七に「請求項1〜6項記載のカンチレバーを具備した原子間力顕微鏡(請求項7)」を提供する。

【0015】また、本発明は第八に「少なくとも、可撓性プレートと、該可撓性プレート的一方の面に形成された自己の歪量を検出する手段と、前記可撓性プレートの他方の面の一端に形成された前記可撓性プレートを支持する基体と、前記可撓性プレートの他端付近に形成された探針とからなる原子間力顕微鏡用カンチレバーの製造方法において、シリコン基板の一方の面に前記探針形状部位を有する窒化珪素膜を形成する工程と、前記シリコン基板の他方の面をエッチングし、前記支持基体及び前記可撓性プレートの一部を形成する工程と、前記窒化珪素膜上に前記自己の歪量を検出する手段を形成する工程とからなる原子間力顕微鏡用カンチレバーの製造方法(請求項8)」を提供する。

【0016】

【作用】本発明にかかるカンチレバーは、探針と支持基体とがカンチレバーの一方の同一面上の一端と他端に形成され、他方の面に自己の歪を検出する手段を形成した。カンチレバーの長さが支持基体の厚さより長いことが好ましい。

【0017】探針と支持基体とが同一面上に形成されたカンチレバーは、図10-1に示すようにカンチレバーの長さが支持基体の厚さよりも短いと、探針を凹凸の激しい被測定物に接近させることが困難になる。例えば、シリコン基板の一部をエッチングにより支持基体として形成する、即ち、シリコン基板の厚さが支持基体の厚さとなる本発明の場合、従来の原子間力顕微鏡用のカンチレバーの様に0.1mm程度の長さしかないと、通常の(100)シリコン基板の厚さ(0.38mm)よりかなり短いのでこの問題は顕著となる。

【0018】図10-2に示すようにカンチレバーの長さが支持基体の厚さとほぼ等しい形状の素子であることがこの問題解決の一つの目安となる。支持基体は原子間力顕微鏡への固定部分としての機能も併せ持つため、支持基体をカンチレバーの厚さに合わせて薄くしていくのは好ましくない。従って、最も安価にしかも安定して入手できる0.2mm以上の厚さのシリコン(100)単

結晶を出発材料とし、カンチレバーの長さが前記支持基体の厚さより長くなるように作製すると、カンチレバーの長さは、従来の原子間力顕微鏡用カンチレバーよりも数倍程度長くなり、0.4~0.8mm程度となる。

【0019】カンチレバーの長さが長くなると、従来のカンチレバーの様に1 μ m程度の厚さであるとカンチレバーの共振周波数が音声帯域と重なる30KHz以下になるので、本発明にかかるカンチレバーでは、カンチレバーの長さが0.4mm程度の場合は、カンチレバーの全体の厚さは5 μ m以上であること、また、カンチレバーの長さが0.8mm程度の場合は、カンチレバーの全体の厚さは15 μ m以上であることが好ましい。

【0020】圧電薄膜を歪センサーとして可撓性プレート上に形成する場合には、可撓性プレートと圧電薄膜との熱膨張率の差により残留応力が発生する。この残留応力によりカンチレバーが屈曲し、実際の使用に際し探針が被測定物表面に接触しにくい等の問題が生じる。圧電薄膜の厚さと圧電薄膜及び電極部分を除いたカンチレバーの厚さとを適切なものとするれば、厚み方向に歪を緩和できるため残留歪による屈曲を極めて少なくすることができる。

【0021】圧電薄膜の厚さが0.5 μ mより小さくなると圧電信号の読み取りが困難となる。また、圧電薄膜の厚さが2 μ mより大きくなると成膜時間が極めて長くなり、薄膜内の圧電材料からなる粒子の粒径が大きくなり膜の機械的強度が低下する。よって、圧電薄膜の厚さが0.5 μ m以上2 μ m以下であり、圧電薄膜及び電極部分を除いたカンチレバーの厚さが5 μ m以上30 μ m以下であることが好ましい。

【0022】圧電薄膜及び電極部分を除いたカンチレバーの厚さを5 μ m以上30 μ m以下にするために、窒化珪素膜とシリコン単結晶基板をエッチングすることにより製作したシリコンプレートとにより形成する。このシリコンプレートは前記シリコン基板の一部をエッチングにより形成された支持基体とは一体であることが好ましい。

【0023】本発明のカンチレバーでは、圧電効果を利用して自身の歪を検出するが、このためにはカンチレバーに固有の共振状態を励起し交流シグナルを取り出す(ACモード)必要がある。従来の大きさのカンチレバーを使用する場合には、このモードはいわゆる非接触モードとなり、被測定物表面と探針の間の引力を検出することが可能である。

【0024】しかしながら、本発明のカンチレバー程度の大きさとなると、極微量の引力を検出するよりも、むしろ探針を被測定物表面に周期的に接触させて、これによるカンチレバーの共振状態の変化を圧電薄膜からの圧電信号を検出して、表面形状の測定をすることが現実的である。

【0025】

【実施例1】以下に実施例により本発明についてさらに詳細に説明する。図2、3、4は、本発明にかかる圧電薄膜歪センサー付きカンチレバーの作製工程の一例である。各組の図で、上側はシリコン基板の一つのカンチレバーに対応する部分を基板上方より見た平面図、下側は同じ部位の断面図である。

【0026】50nmの窒化珪素膜(1)をCVD法により両面に形成した通常のシリコン(100)単結晶基板(2)(厚さ0.38mm)の片面をフォトリソで覆い、探針を形成する部位のレジストを取り除く(2-1)。レジストを保護膜として反応性イオンエッチングで探針部分に対応する部位の窒化珪素膜を除去する(2-2)。レジストを取り除いた後、水酸化カリウムを用いた異方性エッチングにより探針部分に対応する部位にエッチピットを形成する(2-3)。ここで、シリコン基板のエッチピットを形成した面にCVDで更に300nm窒化珪素を堆積させ、エッチピット内部にも窒化珪素膜を形成する(2-4)。次に、反対の面をフォトリソで覆い、カンチレバーを形成するための空隙に対応する部分のレジストを除去する(2-5)。反応性イオンエッチングでレジストがない部分の窒化珪素膜を取り除く(2-6)。水酸化カリウムを用い、窒化珪素で保護されていないシリコン部位を異方性エッチングにより除去し、カンチレバー下部の空隙を形成する(3-1)。さらに、基板上面にフォトリソを形成し、カンチレバー周囲の空隙に当たる部分を取り除く(3-2)。ついで、この部分の窒化珪素膜を反応性イオンエッチングで除去する(3-3)。レジストを落とし、水酸化カリウムで上下両面からエッチングを行い、カンチレバーを完成する(3-4)。PZT膜を形成するための緩衝層となる酸化マグネシウム膜(4)を200nmの厚さにスパッタ法で窒化珪素膜上に形成する(3-5)。このときのカンチレバーの厚さは15 μ mである。カンチレバー上に下部電極(5)、支持体部分にリード及び取り出し部分(6)を白金の蒸着により形成する(3-6)。マスクを用いることにより、カンチレバーとその近傍のみにPZT膜をスパッタ法により、1 μ mの厚さに形成する(4-1)。最後に上部電極(8)とリード及び取り出し部(6)を白金の蒸着により形成する(4-2)。

【0027】完成したPZT膜付きカンチレバーの形状と寸法を図5に示す。単位はmmであり、PZT膜が形成された面から見た平面図(5-1)とカンチレバーの中心線で切った断面図(5-2)を示してある。図5-2でシリコン基板の下部に付いている0.30mmの厚さの板はカンチレバーに共振を励起するためのPZTセラミックアクチュエータである。この形状のカンチレバーの共振周波数は38KHz、ばね定数は112N/mである。

【0028】図6は3インチウエハー上に複数個のカン

チレバーを形成する場合の構成を示す。個々の長方形で示された部分が一つのカンチレバーに対応する。この際、線で示された長方形の境界に当たる部分の窒化珪素膜をプロセスの途中で取り除き（例えば、図3-2の工程）、水酸化カリウムによるエッチングを行って切り込みを入れれば、カンチレバー完成後、この部分でウェハーを簡単に折ることができ、図5-1に示す一本毎に単独に扱うことのできるカンチレバーを提供できる。

【0029】図7に本発明のカンチレバーの顕微鏡としての応用の一例を示す。このタイプではカンチレバーは走査されず、被測定物がチューブ型アクチュエータにより、X、Y方向に走査される。Z方向への接近は、微調ネジとチューブアクチュエータにより行われる。探針を被測定物表面に接触させてカンチレバーの共振状態の変化を見る測定モードで10nm程度の横分解能、0.5nm程度の縦分解能を得ることができた。

【0030】

【発明の効果】 以上のように、本発明によれば、自己の歪量の検出手段を損なうことなく、高い分解能を有する圧電薄膜歪センサー付きカンチレバーを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるカンチレバーの一例である。

【図2】本発明にかかる圧電歪センサー付きカンチレバーの作製工程（（2-1）から（2-6））の一例である。各組の図で、上側はシリコン基板の一つのカンチレバーに対応する部分を基板上方より見たもの、下側は同

じ部位の断面図である。

【図3】前記作製工程のうち（3-1）から（3-6）までを示したものである。

【図4】前記作製工程のうち（4-1）から（4-2）までを示したものである。

【図5】本発明にかかる圧電歪センサー付きカンチレバーの形状と寸法の一例である。

【図6】3インチウェハー上に複数個のカンチレバーを形成する場合の構成である。

【図7】本発明にかかるカンチレバーを顕微鏡に应用した場合の一例である。

【図8】従来のAFMの原理の概念図である。

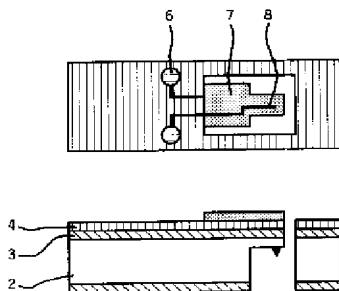
【図9】従来のカンチレバーの作製工程図である。

【図10】カンチレバーの長さが支持基体の厚さより短い場合とカンチレバーの長さが支持基体の厚さより長い場合の断面図である。

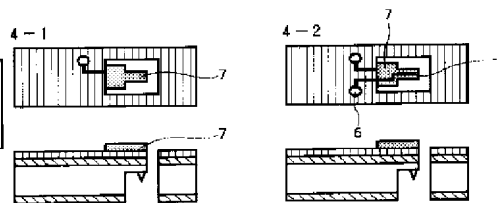
【符号の説明】

- 1 フォトリソスト
- 2 シリコン単結晶（100）
- 3 窒化珪素膜
- 4 酸化マグネシウム膜
- 5 白金下部電極
- 6 リード及び信号取り出し部分
- 7 PZT薄膜
- 8 白金上部電極
- 9 カンチレバー部位
- 10 支持用ガラス部

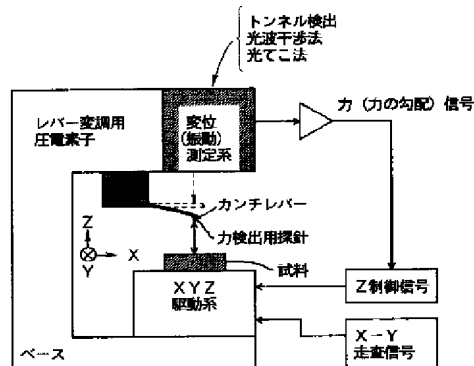
【図1】



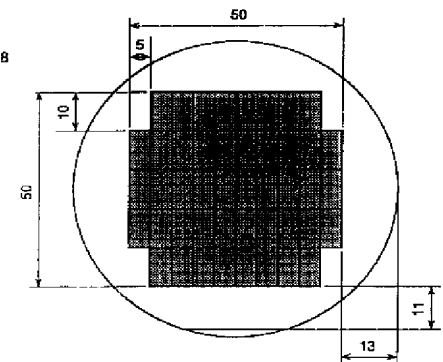
【図4】



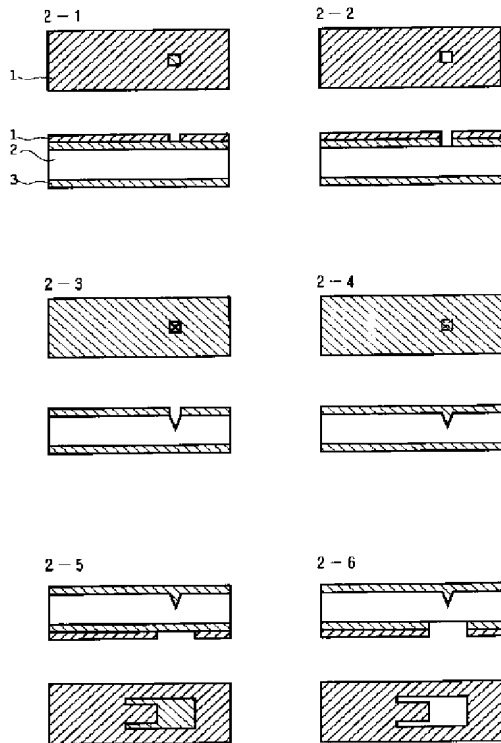
【図8】



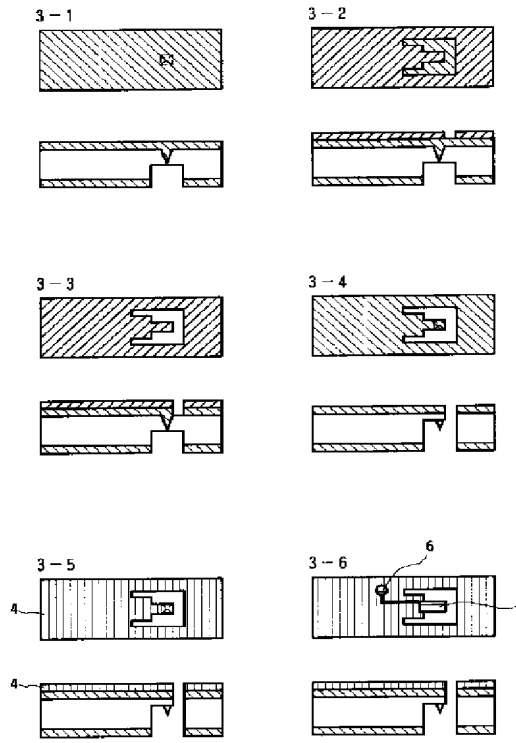
【図6】



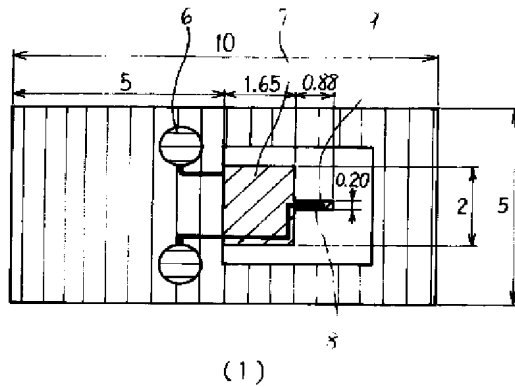
【図2】



【図3】

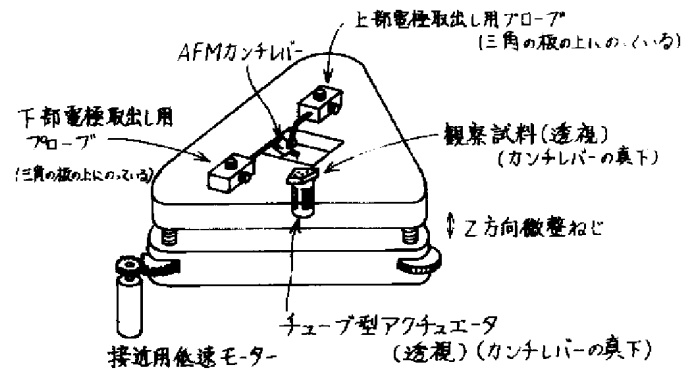


【図5】

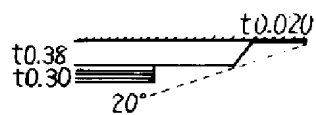


(1)

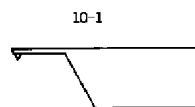
【図7】



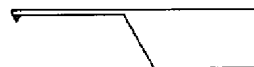
【図10】



(2)



10-2



【図9】

